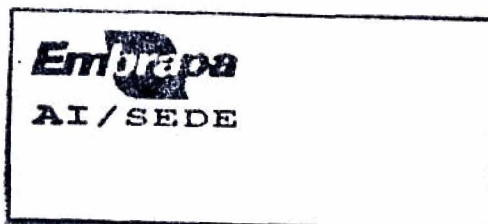




## IRRIGAÇÃO POR BACIAS EM NÍVEL NA CULTURA DO ALGODOEIRO





## **IRRIGAÇÃO POR BACIAS EM NÍVEL NA CULTURA DO ALGODOEIRO**

Aurelir Nobre Barreto  
José Renato Cortêz Bezerra  
Maria José da Silva e Luz  
Malaquias da Silva Amorim Neto



Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Algodão  
Rua Osvaldo Cruz 1143 - Centenário  
Caixa Postal 174  
Telefone (083) 341-3608  
Fax (083) 322-7751  
<http://www.cnpa.embrapa.br>  
[algodao@cnpa.embrapa.br](mailto:algodao@cnpa.embrapa.br)  
CEP 58107-720 - Campina Grande, PB

Tiragem: 500 exemplares

Comitê de Publicações

Presidente: Luiz Paulo de Carvalho

Secretária: Nívia Marta Soares Gomes

Membros: Carlos Alberto Domingues da Silva

Eleusio Curvêlo Freire

Emídio Ferreira Lima

José Janduí Soares

José Wellington dos Santos

Malaquias da Silva Amorim Neto

Robson de Macêdo Vieira

---

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. (Campina Grande, PB

Irrigação por bacias em nível na cultura do algodoeiro, por Aurelir Nobre Barreto e outros. Campina Grande, 1997.

40 p. (EMBRAPA - CNPA. Circular Técnica, 26)

1. Algodão - Irrigação. I. Bezerra, J. R. C. II. Luz, M. J. da S. e III. Amorim Neto, M. da S. IV. Título. V. Série.

CDD633.51

---

©Embrapa 1997

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	5
2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO .....	7
3. VANTAGENS, DESVANTAGENS E APLICABILIDADES.....	10
4. BASES PARA O DIMENSIONAMENTO .....	11
5. OPERAÇÃO E MANEJO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO .....	17
6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A EXPLORAÇÃO DO AGRONEGÓCIO DO ALGODÃO IRRIGADO .....	34
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39



# **IRRIGAÇÃO POR BACIAS EM NÍVEL NA CULTURA DO ALGODOEIRO**

Aurelir Nobre Barreto<sup>1</sup>

José Renato Cortez Bezerra<sup>1</sup>

Maria José da Silva e Luz<sup>1</sup>

Malaquias da Silva Amorim Neto<sup>1</sup>

## **1. INTRODUÇÃO**

As técnicas de irrigação constituem uma forma segura para se obter melhorias na exploração dos sistemas hidroagrícolas, promovendo a intensificação, a incrementação e a diversificação da produção agropecuária, além da regularização da oferta de produtos em regiões com pluviosidades irregulares. O adequado fornecimento de água às plantas no semi-árido, região de abundante insolação, pode otimizar a função de produção das culturas (Barreto et al. 1992). Johnson (1982) menciona que, dentre alguns componentes de produção de uma cultura, a quantidade de energia que os tecidos conseguem captar do sol determina o limite superior do potencial produtivo; os demais fatores podem ser manejados pelo produtor em diferentes níveis tecnológicos.

A sustentabilidade das áreas irrigadas deve ser meta prioritária no contexto global, iniciando com a concepção do projeto e continuando com ações consecutivas de melhoria nos processos operacionais do manejo de solo e água do ecossistema.

---

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Algodão, CP 174, CEP 58107-720 - Campina Grande, PB

O entendimento da hidrodinâmica no solo tem contribuído significativamente para a implementação de novas técnicas, capazes de tornar a irrigação por superfície mais eficiente, a partir de uma distribuição mais uniforme de água e com menores perdas, tomando-se por base os conceitos de fluxo superficial em superfícies planas e fluxo vertical e horizontal em horizontes espacialmente homogêneos, visando o suprimento hídrico na zona radicular dos cultivos.

No panorama internacional 70% da matéria-prima que abastece a indústria têxtil, são produzidos sob condições de irrigação. Dados do World Bank (1990) indicam que 7% da área irrigada no mundo são ocupadas com a cultura do algodoeiro.

No Nordeste do Brasil, o agronegócio do algodão com o crescimento e modernização do parque têxtil, tem merecido a atenção dos governos para o aspecto da irrigação, buscando aplicativos tecnológicos para incremento nos rendimentos em patamares que permitam a obtenção de maiores taxas de retorno e que possibilitem gerar matéria-prima para atender à demanda da indústria têxtil.

Esta publicação apresenta e exemplifica o uso da irrigação por bacias em nível na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*, L.), destacando aspectos da operação e do manejo.

## 2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

A irrigação por bacias em nível é um sistema do método por superfície, em área sistematizada, de forma que a distribuição de água seja feita da maneira mais uniforme possível, com riscos mínimos de erosão do solo.

Em comparação com outros sistemas de irrigação por superfície, quando bem operado e manejado, permite reduzir o volume de água por unidade de área, diminuindo os custos com energia elétrica no bombeamento e com aquisição e construção de estruturas hidráulicas.

Segundo Scaloppi (1986) nos sistemas de irrigação por superfície é possível reduzir em até 62% o consumo de energia elétrica em função do aumento da eficiência de aplicação de água.

Na prática, a água é aplicada numa das extremidades da bacia em nível e flui, por efeito do gradiente hidráulico, através dos sulcos de irrigação, que distribuem a água por toda a área. Esses sulcos são interligados nas extremidades para melhor distribuição da água de irrigação. O perfil de distribuição da água será mais homogêneo, quanto menor for o tempo de avanço da água do início ao final da parcela. A partir desse tempo, passa a ser contado o tempo de oportunidade de infiltração, que dependerá da lâmina real de água requerida pela cultura e da taxa de infiltração do solo.

Assim, deve-se manejar o tempo de aplicação de tal maneira que seja pequena a diferença de tempo de oportunidade de infiltração entre as partes da bacia, o que concorrerá para melhor distribuição de umidade na profundidade efetiva do sistema radicular, além de redução das perdas de água por percolação profunda. A Figura 1 ilustra três perfis teóricos de distribuição de água, possíveis de ocorrer em função do dimensionamento, operação e manejo de sistemas de irrigação por superfície.

No perfil **A**, o tempo de aplicação de três horas não foi suficiente para suprir adequadamente de água a zona radicular, havendo deficiência de 30%. Além disso, devido ao gradiente altimétrico na superfície de escoamento, houve perda de 20% de água por escoamento superficial ("runoff"). A vazão aplicada não pode ser excessiva para não causar erosão, já que a parcela está em declive e não pode ser muito reduzida, pois o tempo de avanço da água seria grande, o que causaria maior diferença de lâminas infiltradas entre o início e o final da parcela.

No perfil **B**, ainda se considerando a parcela em declive, o tempo de aplicação de seis horas permitiu o completo umedecimento da zona radicular gerando, entretanto, 20% de perda de água por percolação profunda. As perdas por escoamento superficial foram maiores (40%). A eficiência de aplicação (40%) é baixa, devendo portanto, ser melhorada.

No perfil **C**, a parcela está em nível, o que permite aplicar maior vazão sem causar erosão; isto reduz o tempo de aplicação, diminuindo as perdas por percolação profunda e a diferença entre lâminas infiltradas entre o início e o final dos sulcos. Não ocorrem perdas por escoamento superficial em função da parcela estar em nível e haver diques de contenção. A eficiência de aplicação pode atingir valores superiores a 90%, sendo considerada excelente (Erie & Dedrick. 1979).



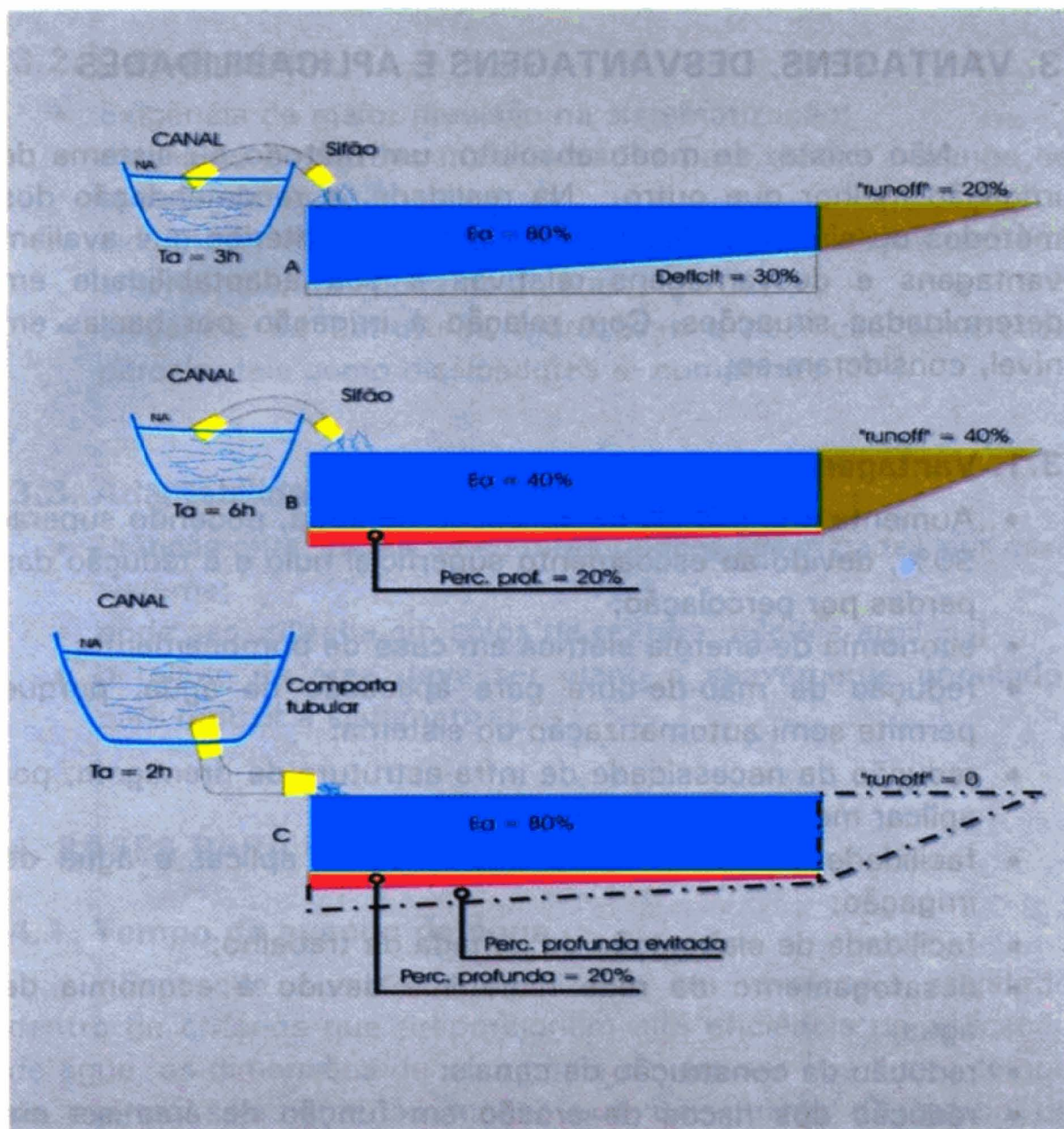


FIGURA 1. Perfis teóricos de distribuição de água, em função da operação e manejo de sistemas de irrigação por superfície. A e B com declividade; C em nível.

FONTE: Clemmens & Dedrick, (1980) adaptada

### **3. VANTAGENS, DESVANTAGENS E APLICABILIDADES**

Não existe, de modo absoluto, um método ou sistema de irrigação melhor que outro. Na realidade, a recomendação dos métodos ou sistemas de irrigação obedece critérios que avaliam vantagens e desvantagens relativas à sua adaptabilidade em determinadas situações. Com relação à irrigação por bacias em nível, consideram-se:

#### **3.1. Vantagens**

- Aumenta a eficiência de aplicação de água, podendo superar 90%, devido ao escoamento superficial nulo e à redução das perdas por percolação;
- economia de energia elétrica em caso de bombeamento;
- redução da mão-de-obra para aplicação de água, porque permite semi-automatização do sistema;
- redução da necessidade de infra-estrutura de drenagem, por aplicar menor quantidade de água;
- facilidade de cálculo para quantificar e aplicar a água de irrigação;
- facilidade de elaboração da jornada de trabalho;
- desafogamento da rede hidráulica devido à economia de água;
- redução da construção de canais;
- redução dos riscos de erosão em função da área ser em nível.

### **3.2. Desvantagens**

- Exigência de maior precisão na sistematização;
- exigência de vazões mais elevadas para reduzir o tempo de avanço da água;
- exigência de maiores cuidados com a drenagem de emergência, na época de chuvas;
- exigência de estruturas hidráulicas específicas para cada parcela, tais como dissipadores e comportas.

### **3.3. Adaptabilidade**

- Praticamente, todas as culturas podem ser irrigadas por esse sistema;
- pode ser utilizada em solos de textura média e argilosa;
- o relevo da área deve ser plano a suavemente ondulado, para reduzir a sistematização.

## **4. BASES PARA O DIMENSIONAMENTO**

### **4.1. Tempo de avanço da água**

Para que o sistema de bacias em nível seja projetado dentro de critérios que proporcionem alta eficiência de aplicação de água, as dimensões de uma bacia devem ser tais que o tempo de avanço seja igual ou menor que um quarto do tempo de oportunidade de infiltração. (BERNARDO, 1989).

Observando-se esse critério geral de projeto, a eficiência de aplicação pode elevar-se acima de 90%, quando a operação e o manejo são condizentes com os cálculos pré-estabelecidos.



## **4.2. Vazão disponível**

Numa superfície horizontal, como uma bacia em nível, o avanço da água ocorre por efeito do gradiente hidráulico. Este avanço é diretamente proporcional à vazão de entrada e quanto mais rápido for o avanço da frente líquida, menores perdas por percolação profunda ocorrem ao longo da bacia.

Portanto, vazões mais elevadas permitem a implantação de bacias maiores. Em termos práticos e com base no princípio do gradiente hidráulico, pode-se planejar uma vazão unitária de 115 l/s/ha, considerando-se o escoamento em 100% da área (Erie e Dedrick, 1979). Para o sistema de sulcos, onde a superfície de escoamento torna-se reduzida, uma vazão de 70 l/s/ha satisfaz, para fins de dimensionamento e operação do projeto.

## **4.3. Características da infiltração da água no solo**

A irrigação por bacias em nível é indicada para solos de textura média e argilosa. Áreas que apresentam grandes variações espaciais na capacidade de infiltração devem ser separadas individualmente pela sua classe textural. Os dados necessários de infiltração para projeto ou avaliação técnica do sistema devem ser obtidos através do uso de infiltrômetro de anel (Erie & Dedrick, 1979).

## **4.4. Relevo e movimentação de terra**

Em se tratando da implantação de sistemas de irrigação por superfície, a classificação do relevo diz respeito à viabilidade econômica na movimentação de terra.

Do ponto de vista da mecanização, uma parcela agrícola de grandes dimensões traz vantagens para as diversas operações com máquinas mas, em se tratando de sistematização, deve haver uma relação entre o volume de solo movimentado e a distância de transporte, pois os custos são significativamente acrescidos em função desses dois fatores, que determinam o tamanho da bacia. O volume de 1000 m<sup>3</sup>/ha tem sido usado, na



prática, como limite máximo de movimentação de solo na sistematização de terras para irrigação por superfície (Bernardo, 1989).

#### **4.5. Profundidade do solo**

O perfil do solo deve ser preservado de cortes excessivos na sistematização de uma bacia em nível e a alternativa para isto é reduzir o tamanho da parcela, logo na concepção do projeto.

#### **4.6. Levantamento topográfico**

Para maior precisão na sistematização, deve-se proceder o levantamento topográfico altimétrico em cada parcela, numa malha de 15 x 15m tendo cada estaca uma área de influência de 225m<sup>2</sup>. A precisão dos trabalhos influirá, direta e significativamente na eficiência e na uniformidade de distribuição da água de irrigação. A utilização de um software facilita os cálculos de sistematização.

#### **4.7. Estrutura hidráulica**

Sempre que possível os canais devem ser revestidos, para que não ocorram vazamentos e conseqüentemente interfira na eficiência do manejo de irrigação.

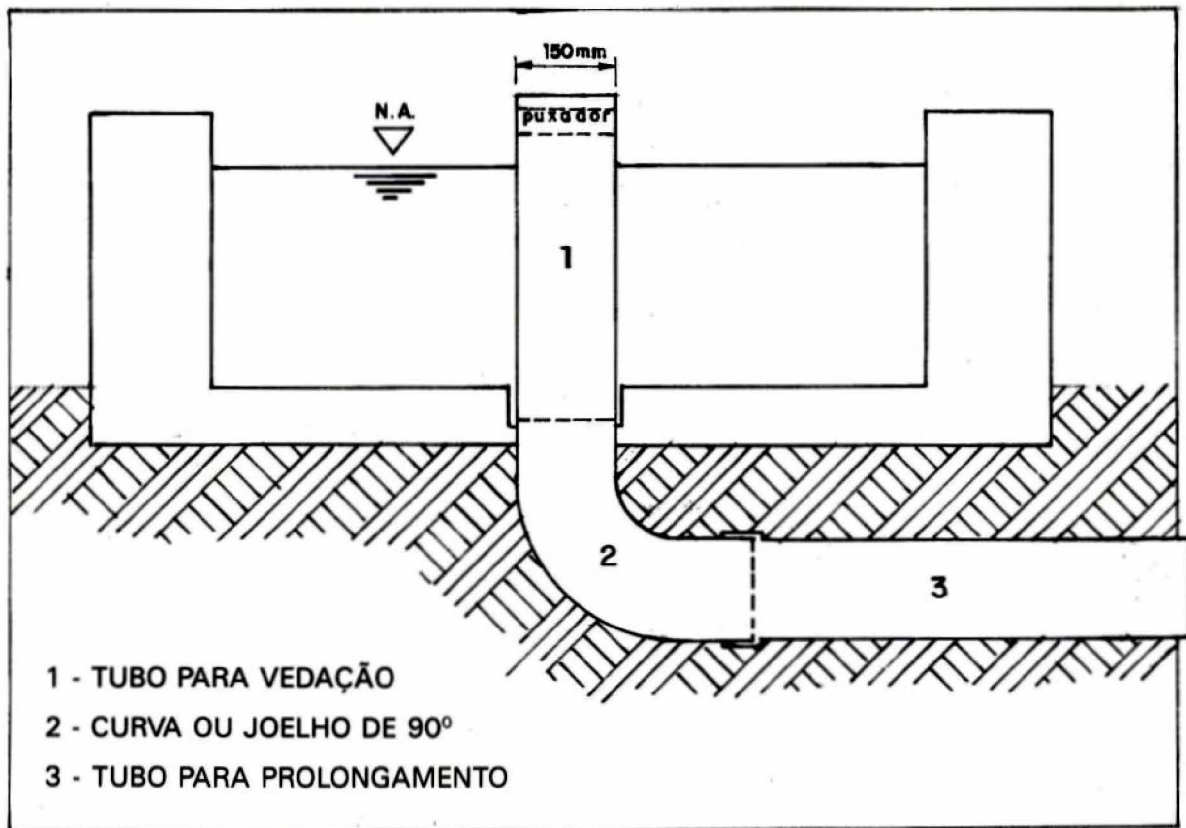
Para evitar problemas de rachadura recomenda-se, durante a construção, deixar juntas de dilatação a cada 10m, vedando-as, posteriormente, com material compressível (asfalto, piche etc.) e também construir pequenos barramentos de 4 a 5cm de altura no fundo do canal, a cada 20m, para manter uma lâmina d'água à montante.

A aplicação de água nas bacias em nível é feita diretamente do canal, através de uma ou duas comportas, dispensando o uso dos sifões. Este processo simplifica a aplicação da água à parcela, evitando toda a mão-de-obra usada para ligar e desligar os sifões no sistema convencional.

A comporta tubular, em PVC, tem-se destacado das convencionais, em ferro e em madeira, até então empregadas em canais de irrigação. Este tipo de comporta garante uma vedação perfeita, evitando vazamentos indesejáveis na área de cultivo e permite quantificar, de modo fácil, a aplicação do volume de água necessário à cultura (Figura 2). A comporta tubular foi desenvolvida e descrita em detalhes, por Barreto & Nogueira (1989).

A aplicação da quantidade de água necessária à cultura é feita em curto espaço de tempo e, por isso, faz-se necessária a construção de dissipadores para evitar a erosão no local de descarga.

O dissipador é construído junto à comporta tubular, entre o canal e a área a ser irrigada e consiste em uma obra de alvenaria ao nível do terreno, revestida e com tijolos encravados, dispostos em filas alternadas, para diminuir a velocidade e a turbulência da água. As dimensões e o modelo do dissipador hidráulico dependem das características do canal e do terreno. Na Figura 3 apresenta-se dois modelos de dissipador hidráulico com grande eficiência na dissipação da energia cinética. O modelo I é utilizado quando há espaço suficiente entre o canal e a área irrigada; já o modelo II é utilizado quando o espaço é reduzido.



**FIGURA 2. Esquema da comporta tubular**  
**FONTE: (Barreto e Nogueira, (1989))**

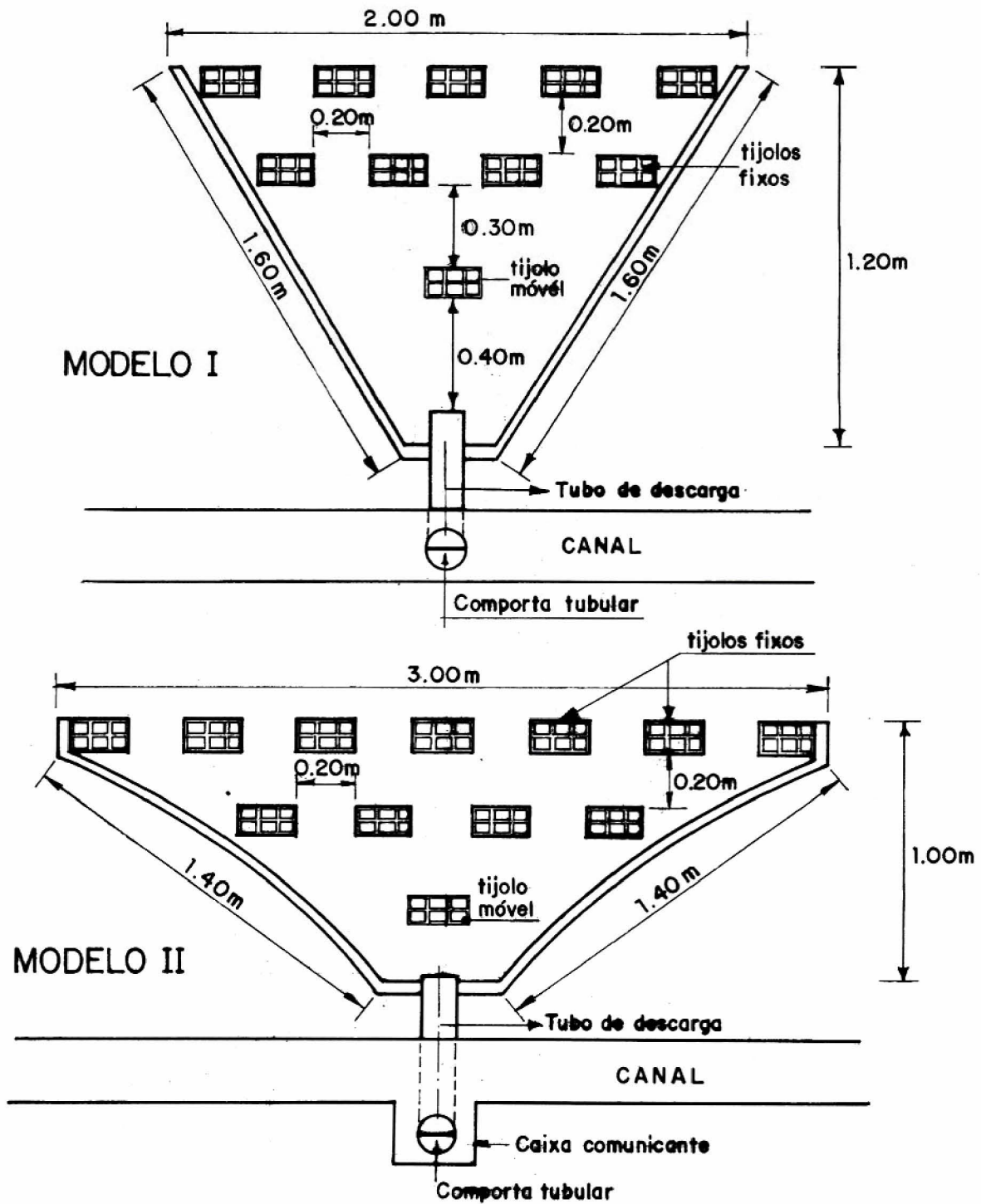


FIGURA 3. Esquema de dois modelos de dissipador hidráulico



## **5. OPERAÇÃO E MANEJO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

Deve-se proceder à operação e o manejo correto, de modo a fornecerem quantidades adequadas de água às plantas, no momento oportuno e, ainda, assegurar boa drenagem, possibilitando a remoção de sais e a aeração do sistema radicular.

As práticas de manejo de irrigação são imprescindíveis para minimizar os custos de bombeamento e mão-de-obra nos sistemas hidroagrícolas.

### **5.1 - Necessidade hídrica da cultura**

Para desenvolver, crescer e produzir satisfatoriamente, o algodoeiro necessita de um suprimento de água diferenciado nas suas fases fenológicas. No semi-árido normalmente não se encontram condições naturais de precipitação pluvial com frequência suficiente para atender plenamente às suas necessidades hídricas.

Considerando-se as irregularidades espacial e temporal da precipitação como fator limitante da produção e do rendimento, a prática da irrigação deve ser utilizada como uma solução tecnicamente racional para garantir boas produtividades da cultura e boa qualidade tecnológica do produto para atender à indústria têxtil.

Na prática, a quantidade de água aplicada à cultura depende do clima, da classificação textural do solo, da fase fenológica da planta e da eficiência do sistema de irrigação utilizado.

De modo geral, o consumo hídrico do algodoeiro varia entre 450 e 700 mm no ciclo para região semi-árida do Nordeste (Amorim Neto e Beltrão, 1992).

Duas maneiras práticas com as quais se pode estimar a quantidade de água para o algodoeiro, com boa precisão, são o método do tanque classe "A" e o da lâmina de água disponível.

### 5.1.1 - Tanque Classe "A"

O método do tanque classe "A" é um dos mais práticos para determinação das necessidades hídricas do algodoeiro, sendo necessário, ao irrigante, dispor de informações de evaporação, coeficiente do tanque e coeficiente da cultura. Além do que, no processo evaporativo interagem todos os fatores climáticos que condicionam a evapotranspiração da cultura, dotando o método de boa precisão.

A partir dos dados de evaporação do tanque determina-se a evapotranspiração da cultura, calculada pela expressão:

$$ET_c = K_c \times K_p \times ECA \quad (1)$$

onde:

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura para fase fenológica, em mm/dia;

$K_c$  = coeficiente de cultivo, adimensional;

$K_p$  = coeficiente de tanque, adimensional;

$ECA$  = evaporação do tanque classe "A", em mm/dia.

O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para o algodoeiro varia em função da fase de crescimento da cultura e do seu ciclo, sendo determinado por AZEVEDO et al. (1993), BEZERRA et al. (1992) e BEZERRA et al. (1994) para as cultivares de ciclo curto (100-120 dias) e médio (130 - 150 dias) para período semanais e em função das fases fenológicas sugeridas pela FAO (DOORENBOS & KASSAN, 1979). Na Tabela 1 estão descritos os valores de  $K_c$  para período de sete dias e na Tabela 2 de acordo com as fases fenológicas da FAO obtidos pelo método do Tanque Classe "A", para os diferentes comprimentos de ciclo.

O coeficiente de tanque ( $K_p$ ) é obtido em função da velocidade média do vento a 2,0 m, umidade relativa média do ar e tipo de exposição do tanque. Na Tabela 3, estão descritos os coeficientes de tanque propostos pela FAO para diferentes níveis de vento, tamanho da bordadura, umidade relativa do ar e cobertura do solo (Doorenbos & Kassan, 1979).

TABELA 1. Coeficiente semanal de cultura para o algodoeiro de ciclo curto e médio estimado pelo método do Tanque Classe "A".

SEMANAS																			
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª
Ciclo																			
Curto	0,41	0,54	0,66	0,73	0,79	0,82	0,84	0,86	0,94	0,89	0,78	0,73	0,61						
Ciclo																			
Médio	0,36	0,47	0,57	0,67	0,75	0,82	0,88	0,93	0,97	1,00	1,02	1,02	1,02	1,01	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80

TABELA 2. Coeficiente de cultura do algodoeiro de ciclo curto e médio para diferentes fases fenológicas estimada pelo método do Tanque Classe "A".

CICLO/FASE	I	II	III	IV
Curto	0,48	0,67	0,71	0,61
Médio	0,49	0,82	1,04	0,88



TABELA 3. Coeficiente de tanque (Kp) para evaporação do Tanque Classe "A" em diferentes coberturas do solo, tamanho da bordadura, níveis de vento em 24 horas e umidade relativa média do ar.

Vento km/dia	Tamanho da Bordadura (Gramas)		Tanque colocado em área cultivada com vegetação baixa			Tanque colocado em área não cultivada		
	m	m	Umidade Relativa Média %			Umidade Relativa Média %		
			Baixa < 40	Média 40-70	Alta > 70	Baixa < 40	Média 40-70	Alta > 70
Leve <175	1	1	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80	0,85
	10	10	0,65	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80
	100	100	0,70	0,80	0,85	0,55	0,65	0,75
	1.000	1.000	0,75	0,85	0,85	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	1	1	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,80
	10	10	0,60	0,70	0,75	0,55	0,65	0,70
	100	100	0,65	0,75	0,80	0,50	0,60	0,65
	1.000	1.000	0,70	0,80	0,80	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	1	1	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,70
	10	10	0,55	0,60	0,65	0,50	0,55	0,65
	100	100	0,60	0,65	0,70	0,45	0,50	0,60
	1.000	1.000	0,65	0,70	0,75	0,40	0,45	0,55
Muito forte > 700	1	1	0,40	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65
	10	10	0,45	0,55	0,60	0,45	0,50	0,55
	100	100	0,50	0,60	0,65	0,40	0,45	0,50
	1.000	1.000	0,55	0,60	0,65	0,35	0,40	0,45

FONTE: (FAO, 1979)



Considerando que nem sempre é possível obter-se informações de velocidade do vento a 2,0m e umidade relativa do ar para utilização da tabela, recomenda-se, para regiões semi-áridas, utilizar o  $K_p = 0,75$  (Soares e Amorim Neto, 1986).

Para a região Nordeste, nas condições de solos com gênese e evolução através de processos de sedimentação aluvionais, tem-se alcançado bons rendimentos na cultura do algodoeiro quando se usam dados do tanque classe "A" para turnos de rega de 7 a 10 dias, considerando-se, evidentemente, o controle dos demais fatores de produção inerentes à cultura.

### 5.1.2. Lâmina de água disponível

O quanto irrigar, pode ser definido em função das características físico-hídricas do solo e com base no consumo da lâmina de água disponível (LAD) pelas plantas. Calcula-se a "LAD" pela expressão:

$$LAD = \frac{(CC - PM)}{100} \times Dg \times Z \times f \quad (2)$$

onde:

CC é a capacidade de campo (% em peso); PM é o ponto de murcha (% em peso); Dg é a densidade global do solo ( $\text{g/cm}^3$ ); Z é a profundidade efetiva do sistema radicular (mm) e "f" é o fator de consumo de água da cultura, que para o algodoeiro considera-se 0,65. Para o primeiro evento de irrigação desconsidera-se "f".

### 5.1.3. Lâmina de água de irrigação.

Após definido o consumo hídrico da cultura através do método do Tanque Classe "A" (ETc), ou da Lâmina de Água Disponível (LAD), considera-se a eficiência de aplicação (Ea) do sistema de irrigação, e através da relação entre o consumo e a eficiência define-se a Lâmina de Irrigação (LI) a ser aplicada. Ou seja:

$$LI = ETc/Ea \text{ ou } LI = LAD/Ea \quad (3)$$

### 5.1.4. Exemplo de aplicação

Considere-se uma área com algodoeiro irrigado em plena floração (fase III), cultivar de ciclo médio em que a evaporação do Tanque Classe "A" acumulada no período foi de 63,6 mm, velocidade média do vento a 2,0 - 136,7 Km/dia, umidade relativa do ar média - 65% e, bordadura do Tanque Classe "A" instalado em área gramada - 10 m. Foram efetuadas amostragens de solo e, após análises laboratoriais obtiveram-se os seguintes resultados: Capacidade de Campo - 24%, Ponto de Murcha - 12%, Profundidade efetiva do sistema radicular - 40 cm, Densidade global - 1,3 g/cm<sup>3</sup>. Considerar para o sistema de irrigação por Bacias em Nível A eficiência de aplicação - 80%. Definir a Lâmina de Irrigação pelo métodos do Tanque Classe "A" e Lâmina de Água Disponível.

## SOLUÇÃO:

### 1 - Método do tanque classe "A"

$$K_c = 1,04 \text{ (Tabela 2)}$$

$$K_p = 0,75 \text{ (Tabela 1)}$$

$$ECA = 63,6 \text{ mm}$$

$$E_a = 0,8$$

$$ET_c = K_c \times K_p \times ECA$$

$$ET_c = 1,04 \times 0,75 \times 63,6$$

$$ET_c = 49,6 \text{ mm}$$

$$LI = ET_c / E_a$$

$$LI = 49,6 / 0,8$$

$$LI = 62,0 \text{ mm}$$

### 2 - Lâmina de água disponível

$$CC - 24\%$$

$$PM - 12\%$$

$$D_g - 1,3 \text{ g/cm}^3$$

$$Z - 400 \text{ mm}$$

$$f - 0,65$$

$$LAD = \frac{CC - PM}{100} \times D_g \times Z \times f$$

$$LAD = \frac{24 - 12}{100} \times 1,3 \times 400 \times 0,65$$

$$LAD = 40,56 \text{ mm}$$

$$LI = \frac{LAD}{E_a}$$

$$LI = \frac{40,56}{0,80}$$

$$LI = 50,7 \text{ mm}$$

## **5.2. Captação e derivação de água**

No caso de bombeamento, os cuidados operacionais são simples, sendo importante a instalação adequada da eletrobomba e sua manutenção, no sentido de manter seu rendimento, de acordo com as especificações técnicas. Para isto, fazem-se necessárias averiguações rotineiras para substituição de gaxetas e vedação na tubulação de sucção, além de lubrificação.

Em se tratando de perímetro irrigado em que o setor é operado apenas por meio de derivação de água, os cuidados operacionais se resumem apenas na manutenção das estruturas de adução para os canais principais.

## **5.3. Condução e entrega de água**

As necessidades para cada área (consuntivo e perdas) definem a operação do sistema de condução e entrega de água, no que se refere à quantidade de água a ser aplicada e ao tempo de distribuição em toda a rede de condução. Para uma operação bem sucedida no transporte de água, são necessários estruturas e meios adequados de medidas de fluxo, pois cada bacia terá uma necessidade diferente, em função do seu tamanho e da fase de desenvolvimento da cultura.

Apresenta-se, a seguir, dois métodos práticos de determinação de vazões no campo:



### 5.3.1. Método das coordenadas

Quando se tem um tubo na posição horizontal, como uma bomba ou uma comporta tubular, operando em regime de descarga livre, a vazão pode ser determinada conhecendo-se a distância horizontal (**X**) e a vertical (**Y**) da trajetória do jato de água e o diâmetro (**D**) do tubo, utilizando-se a equação:

$$Q = 0,0174 \times C_d \times D^2 \times \frac{X}{Y^{0,5}} \quad (4)$$

Onde:

**Q** = Vazão do tubo (l/s)

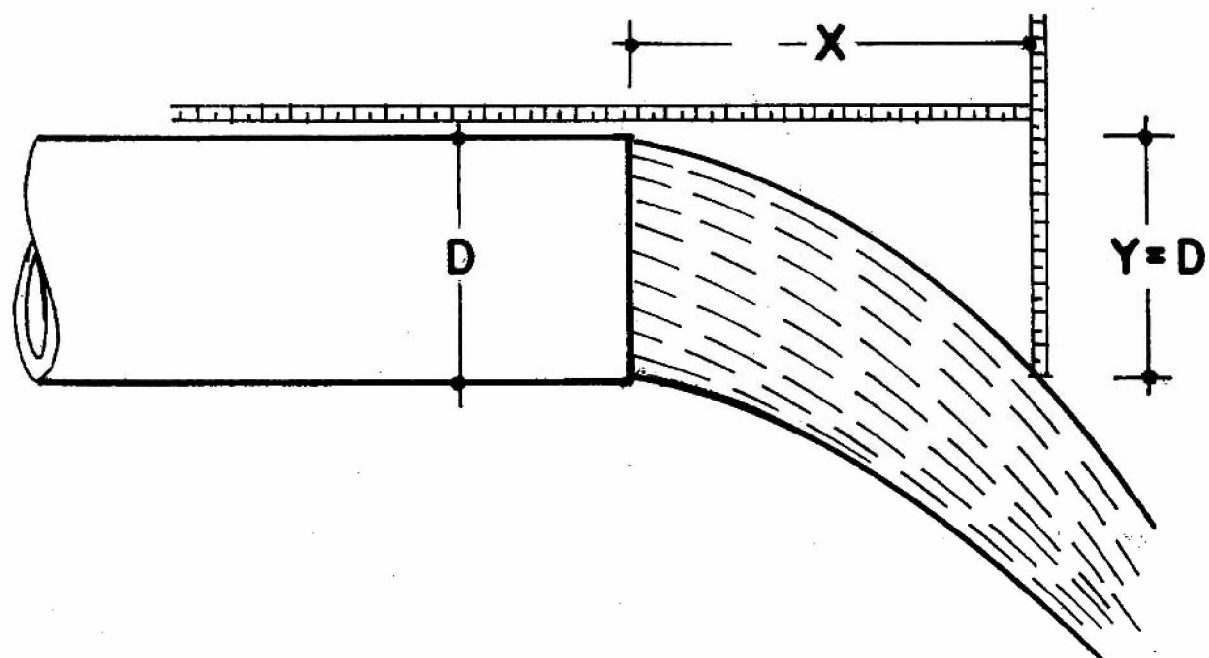
**C<sub>d</sub>** = Coeficiente de descarga do tubo (adimensional)

**D** = Diâmetro interno do tubo (cm)

**X** = Coordenada horizontal do trajeto da água (cm)

**Y** = Coordenada vertical do trajeto da água (cm).

Na Figura 4 apresenta-se o processo de medição da coordenada horizontal (**X**) através de um esquadro graduado em cm, com a coordenada vertical (**Y**) igual ao diâmetro (**D**) do tubo. Este processo é descrito em detalhes por Barreto & Nogueira (1989). Na Tabela 1 são fornecidos valores de vazão em função de valores de **X** e **D** de ocorrência mais comum no campo.



**FIGURA 4.** Esquema do processo de medição de vazão em tubos horizontais, através do método das coordenadas.

**TABELA 4.** Valores de vazão em  $\text{m}^3/\text{min}$ , para tubos em posição horizontal, em função do diâmetro e da distância horizontal, fluindo completamente cheios. Relação  $Y/D = 1,0$ , constante.

Distância Horizontal (cm)	D = 50 mm	D = 75 mm	D = 100 mm	Vazão ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) D = 150 mm	D = 200 mm	D = 300 mm	D = 300 mm
20	0,25	0,48	0,77	1,56	2,56	2,61	3,43
22	0,27	0,52	0,84	1,67	2,76	2,87	3,77
24	0,27	0,56	0,90	1,78	2,95	3,13	4,12
26	0,31	0,60	0,96	1,90	3,14	4,61	4,46
28	0,33	0,64	1,02	2,02	3,31	4,89	5,42
30	0,36	0,68	1,08	2,13	3,47	5,16	5,78
32	0,38	0,72	1,15	2,24	3,66	5,42	6,19
34	0,40	0,76	1,21	2,36	3,85	5,66	6,58
36	0,42	0,80	1,27	2,47	4,03	5,90	6,96
38	0,45	0,84	1,34	2,58	4,20	6,14	7,35
40	0,47	0,88	1,40	2,69	4,37	6,40	7,73
42	0,49	0,92	1,46	2,81	4,55	6,66	8,12
44	0,51	0,96	1,52	2,92	4,72	6,91	8,51
46	0,54	1,00	1,58	3,04	4,90	7,16	9,75
48	0,56	1,05	1,64	3,16	5,06	7,40	10,10
50	0,58	1,09	1,70	3,28	5,23	7,63	10,44
52	0,61	1,13	1,76	3,39	5,41	7,89	10,77
54	0,63	1,17	1,83	3,51	5,59	8,13	11,10
56	0,65	1,21	1,89	3,63	5,76	8,37	11,42
58	0,68	1,25	1,96	3,74	5,94	8,61	11,73
60	0,70	1,29	2,02	3,86	6,11	8,85	12,04
62	0,72	1,33	2,08	3,97	6,29	9,08	12,37
64	0,75	1,37	2,15	4,08	6,48	9,32	12,70
66	0,77	1,42	2,21	4,20	6,66	9,57	13,02
68	0,79	1,46	2,27	4,31	6,84	9,82	13,34
70	0,82	1,50	2,33	4,42	7,03	10,07	13,65
72	0,84	1,54	2,40	4,52	7,21	10,31	13,96
74	0,86	1,59	2,46	4,63	7,39	10,55	14,26
76	0,89	1,63	2,52	4,74	7,57	10,80	14,58
78	0,91	1,67	2,58	4,86	7,74	11,06	14,91
80	0,93	1,72	2,64	4,98	7,92	11,32	15,23
82	0,96	1,76	2,71	5,10	8,09	11,57	15,56
84	0,98	1,80	2,77	5,22	8,27	11,83	15,88
86	1,00	1,84	2,84	5,33	8,44	12,08	16,20
88	1,03	1,89	2,91	5,45	8,61	12,34	16,52
90	1,05	1,93	2,97	5,57	8,78	12,59	16,83
92	1,07	1,97	3,04	5,68	8,95	12,84	17,17
94	1,10	2,02	3,10	5,80	9,12	13,09	17,51
96	1,12	2,06	3,17	5,92	9,29	13,34	17,85
98	1,14	2,10	3,24	6,03	9,45	13,59	18,19
100	1,17	2,14	3,30	6,15	9,62	13,83	18,53

**FONTE:** Barreto & Nogueira (1989)

### 5.3.2. Método da calha simplificada

A calha simplificada para medição de vazão em canais de irrigação foi desenvolvida para contornar algumas falhas apresentadas por outros tipos de calha e vertedores.

Esse instrumento hidrométrico (Clemmens & Replogle, 1980) é de fácil construção e fornece as leituras de vazão diretamente numa escala graduada, linnímetro, confeccionada através de modelo matemático e afixada ao talude do canal.

Na Figura 5 estão descritos os critérios técnicos de construção de uma calha simplificada.

Na Figura 6 visualiza-se um canal de seção trapezoidal com a calha construída e em pleno funcionamento.

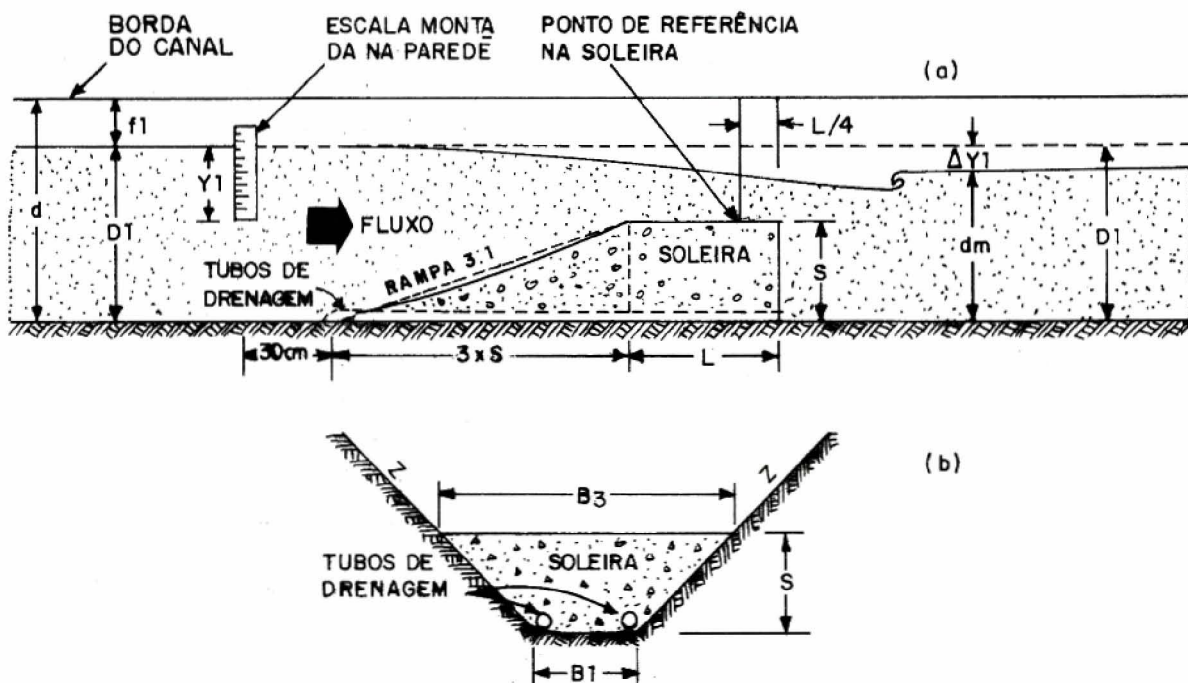


FIGURA 5. Perfil(a) e corte transversal (b) da calha simplificada de medição de vazão e critérios técnicos de construção  
FONTE: Clemmens & Replogle, (1980).





FIGURA 6. Calha simplificada operando na Estação Experimental de São Gonçalo, da Embrapa Algodão.  
FONTE: Clemmens & Replogle (1980)

#### 5.4. Tempo de aplicação de água

No sistema de irrigação por bacias em nível, o tempo de aplicação ( $T_a$ ) representa uma importante operação de manejo de água. Ele pode ser definido como sendo o intervalo necessário para se aplicar à bacia o volume estimado para atender à cultura, durante os dias correspondentes ao turno de rega ( $T_r$ ).

O tempo de aplicação é inversamente proporcional à vazão disponível ( $Q_d$ ) podendo ser calculado para cada parcela, através da equação:

$$T_a = \frac{A \times LI}{Q_d} \quad (5)$$

Onde:

- $T_a$  = Tempo de aplicação (min);  
 $A$  = Área da bacia ( $m^2$ );  
 $Ll$  = Lâmina de irrigação (m);  
 $Q_d$  = Vazão disponível para aduzir à bacia ( $m^3/min$ ).

Exemplo: Calcular o tempo de aplicação para as seguintes condições:

$$\begin{aligned}
 A &= 1 \text{ ha} = 10.000m^2 \\
 Ll &= 40mm = 0,04m \\
 Q_d &= 80 \text{ l/s} = 4,8 \text{ m}^3/min
 \end{aligned}$$

Substituindo-se os valores na equação (5) tem-se:

$$T_a = \frac{10000 \times 0,04}{4,8} = 83,33min = 1h23min$$

### 5.5. Jornada de trabalho

A jornada de trabalho ( $J_t$ ) representa o número de horas que o sistema deve operar diariamente, visando atender à irrigação adequada das várias áreas do projeto.

A jornada dependerá da soma dos tempos de aplicação do projeto e do turno de rega. A equação seguinte permite calcular o número de horas de operação do sistema.

$$J_t = \frac{\sum T_a}{T_r} \quad (6)$$

onde:

$$J_t = \text{Jornada de trabalho diária (h);}$$

$\Sigma Ta$  = Somatório dos tempos de aplicação das várias bacias do projeto (h);

$Tr$  = Turno de rega (dias).

## 5.6. Drenagem

Em áreas irrigadas, os níveis de umidade no solo não são regidos pelo manejo de água mas, sim, pela drenagem interna na zona radicular que, por sua vez, é função de alguns parâmetros físicos do solo, como espaço poroso drenável, textura e estrutura.

Do ponto de vista da Engenharia, drenagem é o controle que se exerce sobre a altura do lençol freático, com o objetivo de proporcionar umidade adequada e ótima aeração para o desenvolvimento radicular das culturas (Millar, 1988). A profundidade da superfície freática pode determinar a vida útil do projeto, os níveis de rendimento dos cultivos e a sustentabilidade do ecossistema hidroagrícola. Monitorar suas oscilações ( $\Delta h$ ) significa dispor de um diagnóstico seguro da necessidade de drenagem do solo, para evitar a salinização pelo processo do fluxo capilar ascendente (Figura 7).

Martinez Beltrán (1986) baseado em estudos de Williamson e Kriz (1970) cita que os cultivos herbáceos admitem uma profundidade mínima da zona saturada, de 80 a 90cm, em solos argilosos, e de 60 a 75cm em solos franco-arenosos. Para se obter bons rendimentos de algodão no Nordeste brasileiro, indica-se uma profundidade mínima do lençol freático em torno de 90cm, tal como ilustrado na Figura 7.



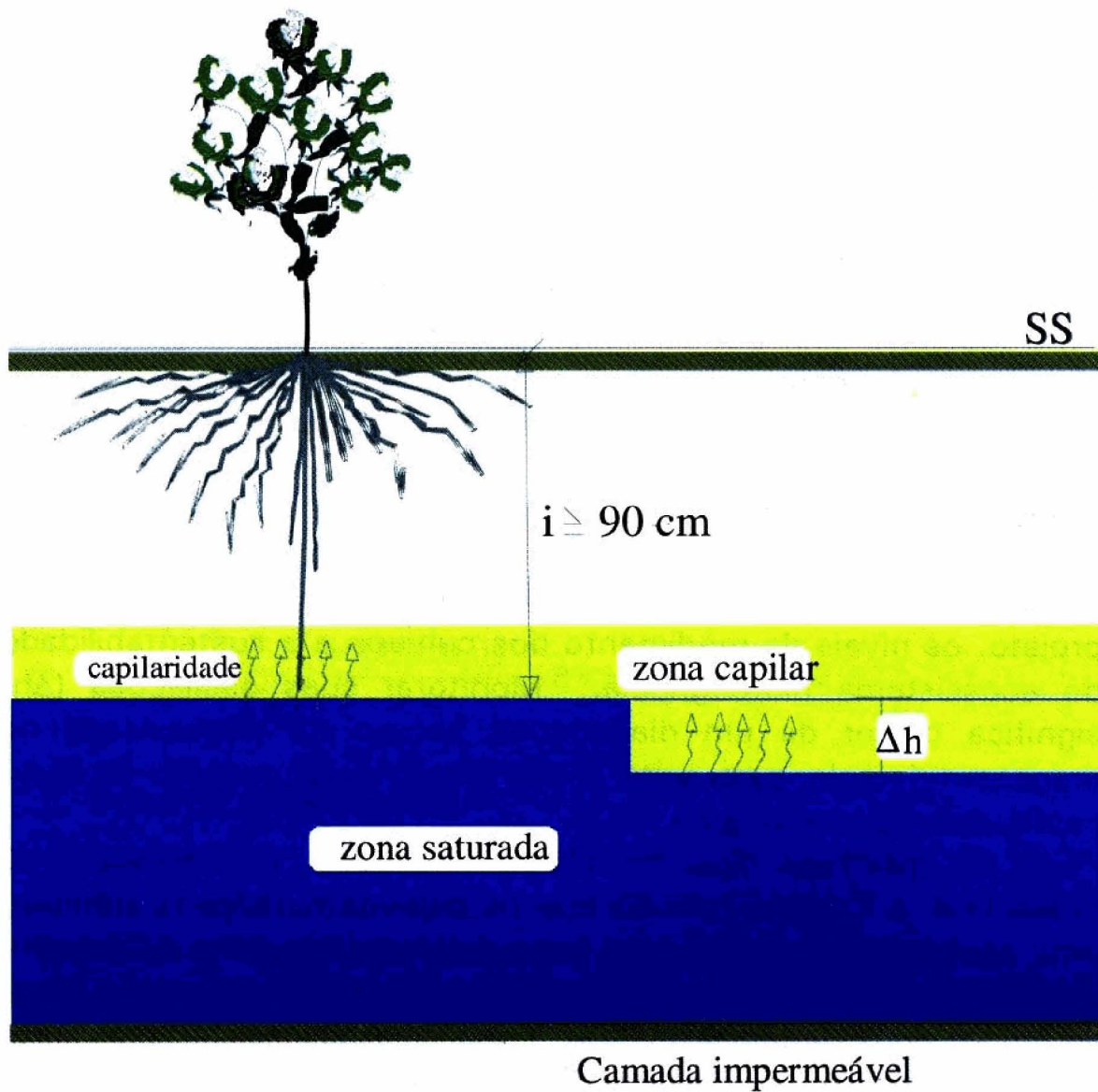


Figura 7. Esquema do aspecto de formação e oscilação do lençol freático, em função das características hidrológicas, em solo com barreira impermeável e ausência de drenagem artificial.



Entende-se que esta distância vertical (i) entre a superfície do solo e a zona saturada deve ser suficiente para superar o efeito da capilaridade.

O algodoeiro é classificado como planta pouco tolerante ao encharcamento na zona radicular necessitando, portanto, de remoção da água gravitacional em tempo oportuno.

Nas áreas irrigadas por bacias em nível, a necessidade de drenagem subsuperficial é substancialmente minimizada, devido à alta eficiência de aplicação de água inerente ao sistema. No entanto, em regiões onde a pluviosidade concentra-se em um curto período do ano há a necessidade preventiva de um pequeno dreno, localizado em um ponto da bacia onde a descarga do excesso de água superficial seja topograficamente mais fácil. Neste caso, o fluxo de saída do lençol suspenso ocorre por gradiente hidráulico, uma vez que todos os pontos da área estão na mesma cota topográfica.

## **6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A EXPLORAÇÃO DO AGRONEGÓCIO DO ALGODÃO IRRIGADO**

### **6.1. Cultivares**

A escolha da cultivar deve basear-se em informações sobre o rendimento, ciclo fenológico, adaptabilidade à região e necessidade do mercado consumidor. A CNPA 7H é uma cultivar, desenvolvida no Nordeste, e adapta-se às condições dessa região, podendo atingir produtividades em torno de 4t/ha de algodão em caroço, duração do ciclo em torno de 135 dias e quanto ao comprimento comercial, sua fibra classifica-se como média. Estas características atendem às exigências dos setores agrícola e têxtil, o que a tornam viável ao agronegócio algodoeiro.

### **6.2. Configurações de plantio**

A configuração de plantio está relacionado com a cultivar, fertilidade do solo, e o manejo de água e solo.

Solos férteis associados a condições de umidade adequada, favorecem o crescimento vegetativo da planta, o que exige espaçamentos maiores. Cultivares que apresentam arquitetura inadequada com ramos curtos e ângulos mais fechados, permitem o uso de espaçamentos menores.

Barreto et al.(1994), estudaram em condições de campo, diversas configurações de plantio, envolvendo fileiras simples e duplas no sistema de irrigação por bacias em nível. Os resultados não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos; no entanto as populações de 95.000 e 120.000 plantas/hectare, configurados em fileiras duplas se mostraram fisicamente mais produtivos. Entre os arranjos configurados em fileiras simples, a população de 100.000 plantas/hectare, espaçada de 1,00 x 0,20 m com duas plantas/cova, também externou bons rendimentos.

Nos sistemas de irrigação por sulcos, a adoção de espaçamentos configurados em fileiras duplas (Figura 8) apresenta algumas vantagens operacionais para a mecanização e outras relacionadas à influência dos parâmetros de campo no desempenho do sistema, quando se compara às fileiras simples, destacando-se:



**FIGURA 8.** Campo de algodão com espaçamento configurado em fileiras duplas numa bacia em nível - entrada da água nos sulcos.

- a superfície de escoamento e distribuição da água de irrigação fica limitada ao espaço entre duas fileiras simples, correspondendo à seção transversal do sulco, permitindo adequada condição de umedecimento da zona radicular através das infiltrações lateral e vertical;



- reduz bastante o surgimento de plantas daninhas nos espaços (camalhões) entre os sulcos, diminuindo os gastos com o seu controle;
- economia de horas/máquina na operação de sulcamento devido ao maior espaçamento entre os sulcos de irrigação;
- menor tempo de avanço devido à menor superfície de escoamento na área de cultivo.

Na Tabela 5, apresenta-se alternativas na escolha de espaçamentos para a cultivar CNPA 7H e outros materiais com características semelhantes, considerando-se fatores de produção, parâmetros operacionais e, principalmente, a hidrodinâmica no solo, com ênfase na superfície de escoamento e perfil de redistribuição espacial, pois de acordo Reichardt (1978) o movimento de água no solo pode ocorrer em todos os sentidos, na vertical (para cima e para baixo), na horizontal e em qualquer ângulo, sempre na direção que lhe permite ocupar estado de menor potencial total.



**TABELA 5.** Configurações alternativas, área ocupada por planta, populações, número de plantas por metro e espaçamentos entre os sulcos de irrigação para a cultivar CNPA 7H.

CONFIGURAÇÃO DE PLANTIO (m)			ÁREA POR PLANTA (m <sup>2</sup> )	POPULAÇÃO (plantas/ha)	Nº PLANTAS POR METRO	ESPAÇAMENTO ENTRE SULCOS (m)
Ed	Es	Ep	Ap	Dp		
1,00x0,40x0,14			0,10	102.000	07	1,40
1,00x0,50x0,12			0,09	111.000	08	1,50
0,90x0,50x0,11			0,08	130.000	09	1,40
0,80x0,50x0,10			0,07	153.000	10	1,30

Ed = Espaçamento entre fileiras duplas (camalhões)

Ef = Espaçamento entre fileiras

Ep = Espaçamento entre as plantas na fileira (7 a 10 plantas/m)

Ap = Área útil por planta [(Ed + Ef)/2 x Ep]

Dp = Densidade populacional [10.000/Ap]

### 6.3. Preparo do solo

Após a sistematização do terreno, devem ser procedidas às seguintes operações:

- 1)Aração - deve ser feita por operador capacitado para não descaracterizar a sistematização, com um arado reversível, bem regulado e na profundidade desejada.
- 2)Gradagem - deve ser feita com a finalidade de destorroamento e regularização da superfície do solo.
- 3)Sulcamento - deve ser feito com sulcador apropriado para cada classe de solo a fim possibilitar a abertura de sulcos estreitos e profundos, o que reduzirá a superfície de escoamento e, conseqüentemente aumentará a eficiência de aplicação de água.

#### **6.4. Plantio**

O plantio deve ser efetuado no talude do camalhão, com uma semeadora regulada para deixar cair as sementes na densidade de plantio planejada. Sementes deslintadas melhoram a distribuição na linha de plantio e reduz o consumo por hectare.

#### **6.5. Adubação**

Para a adubação nitrogenada, recomenda-se o uso de 30kg de N/ha no plantio e de 60kg de N/ha no início da floração.

A recomendação para a adubação do potássio e do fósforo deve ser realizada com base na análise do solo e aplicar em fundação.

#### **6.6. Irrigação de pré-plantio**

Esta prática é feita com a finalidade de umedecer uma camada de solo em torno de 60 cm e melhorar a distribuição de água a partir do segundo evento de irrigação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N. E. de M. **Determinação da época de irrigação em algodoeiro herbáceo por via climatológica**. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 1992. 17p. (EMBRAPA - CNPA. Comunicado Técnico, 34).
- AZEVEDO, P. V. de; RAMANA RAO, T. V.; AMORIM NETO, M. da S.; BEZERRA, J. R. C.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MACIEL, G. F. Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.7, p. 863-870, 1993.
- BARRETO, A. N.; BELTRÃO, N E. de M.; BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. da S. e. **Configuração de Plantio na Cultura do Algodoeiro Herbáceo Irrigado por Sulcos**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1994. 7p (EMBRAPA-CNPA. Pesquisa em Andamento, 18).
- BARRETO, A. N.; NOGUEIRA, L.C. Uso da comporta tubular em canais de irrigação. **ITEM**, Brasília, n.39, p.28-31, 1989.
- BARRETO, A. N.; NOGUEIRA, L.C.; CAMPOS, G.M. **Irrigação por bacias em nível na cultura da bananeira**. Parnaíba: EMBRAPA-CNPAl, 1992. 33p. (EMBRAPA-CNPAl. Circular Técnica, 4).
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV, 1989. 596 p.
- BEZERRA, J. R. C.; AMORIM NETO, M. da S.; AZEVEDO, P. V. de; RAMANA RAO, T. V.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; SILVA, M. B. da. **Estimativa do consumo hídrico do algodoeiro herbáceo cultivar CNPA Precoce 1**. In: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande). **Relatório Técnico Anual - 1990/1991**. Campina Grande, 1992. p. 218-221.

- BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SILVA, B. B. da; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; RAMANA RAO, T. V.; LUZ, M. J. da S. e; MEDEIROS, J. D. de; SOUZA, C. B. de; SILVA, M. B. da. Consumo hídrico do algodoeiro herbáceo. In: EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande) **Relatório Técnico Anual - 1992/1993**. Campina Grande, 1994. p. 151-154.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. (FAO, Riego y Drenaje, 33).
- ERIE, L.J.; DEDRICK, A.R. **Level-basin irrigation**. Washington: USDA, 1979. 23p. (USDA. Farmer's Bulletin, 2261)
- JOHNSON, R.R. **Informações agronômicas**. s.l., s.n., 1982. 3p.
- MARTINEZ BELTRÁN, J. **Drenaje agrícola**. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, 1986. v.1.
- MILLAR, A.A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas**. São Paulo: Editerra, 1988. 306p.
- REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. s.l., McGraw-Hill, 1978. 119p.
- SCALOPPI, J.E. Potencial para redução do consumo energético em irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7., Brasília, 1986. **Anais...** Brasília: ABID, 1986, p. 844-850
- SOARES, J. M.; AMORIM NETO, M. S. da. **Necessidades de água de irrigação**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1986. n. p.
- WORLD BANK. **Irrigation and drainage research**. s.l., 1990. v.1, 21p.



